MÉLANGES BIOLOGIQUES
TIRÉS DU
BULLETIN DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES
DE ST.-PÉTERSBOURG.
TOME IX.

$\frac{18}{30}$ December 1873.

Über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung im Rückenmarke. Von E. Cyon.

Die Ausmessung der Geschwindigkeit, mit welcher sich der Erregungsprocess durch die centralen Nervenmassen fortpflanzt, ist von hohem Interesse sowohl für die Theorie der Erregungsprocesse, als auch für die Physiologie der Ganglienzellen. Ich habe es daher im Jahre 1870 versucht, solche Messungen auszuführen und habe die damals erhaltenen Resultate in der Gesellschaft der Petersburger Naturforscher mitgetheilt, in deren Protocollen auch dieselben veröffentlicht wurden. In derselben Sitzung habe ich auch die von mir benutzten Vorrichtungen demonstrirt und bei dieser Gelegenheit einen Probeversuch ausgeführt.

Seitdem habe ich diese Untersuchungen mehrmals wieder aufgenommen und will hier in Kurzem die weiteren Resultate derselben vorläufig mittheilen, da indessen, wie aus der von Rosenthal der Berliner Akademie der Wissenschaften gemachten Mittheilung hervorgeht, auch von anderer Seite her dieselbe Frage in Angriff genommen wurde.

Die von mir benutzten Vorrichtungen werde ich bei

einer späteren Gelegenheit ausführlich beschreiben, hier nur die Angabe, dass zur Aufzeichnung der Muskelcontractionen das Marey'sche Myographion benutzt wurde, dessen Hebel seine Bewegungen auf einer kreisförmigen Scheibe aufzeichnete, welche mit grosser Gleichmässigkeit acht Umdrehungen in der Secunde ausführte. Die messbare Zeitdauer war also äusserst gering, und hing deren Werth natürlich von der Grösse des Radius der aufgezeichneten kreisförmigen Curve ab. — Zur Reizung des Rückenmarks wurden verschiebbare nadelförnige Electroden benutzt, welche, in einer constanten Entfernung von einander befestigt, immer bis zu derselben Tiefe ins blossgelegte Rückenmark hineingestochen wurden.

Die zuerst angestellten Versuche hatten zum einfachen Zweck, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Rückenmarke selbst zu ermitteln, wenn dasselbe sich in möglichst normalen Verhältnissen befindet. — Sämmtliche Messungen sind an Fröschen ausgeführt, die eine bis zwei Stunden bei gewöhnlicher Zimmertemperatur aufbewahrt wurden; das Rückenmark wurde mit möglichst geringem Blutverlust blossgelegt, vom Gehirne getrennt und während der ganzen Versuchsdauer in feuchter Luft vor Ausdünstung geschützt.

Eine grosse Anzahl solcher auf verschiedenen Höhen ausgeführten Messungen ergab für das Rückenmark eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 1 bis 3 Meter in der Secunde; die am häufigsten erhaltene Geschwindigkeit war $1\frac{1}{2}$ bis 2 Meter. Im Vergleich zur Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung im Nervenstamm, sind also die für das Centralnervensystem erhaltenen Zahlen äusserst gering. Die

Erregung hat beim Durchgang durch die Ganglienzellen wahrscheinlich grosse Widerstände zu überwinden.

Die erhaltenen Zahlen können natürlich nur mit denen, an Nervenstämmen unter denselben Bedingungen conservirter Frösche erhaltenen, verglichen werden. Ich habe daher mehrere Messungen an Nervenstämmen vorgenommen und zwar sowohl mittelst des Helmholz'schen Myographions an ausgeschnittenen Nerven als mittelst des Marey'schen an nicht ausgeschnittenen. Für die erste erhielt ich eine Geschwindigkeit von 7 bis 11 Meter, für die letzteren von 15 bis 20 Meter in der Secunde. Wie ersichtlich ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung bei unseren (meistens sehr kleinen) Fröschen eine ziemlich geringe. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit ist dennoch im Rückenmarke etwa um zehn mal geringer als im nicht ausgeschnittenen Nervenstamm.

Ich will aus diesen Versuchen vorläufig das eine Ergebniss hervorheben, das nämlich, dass derselbe Vorgang (die Erregung) so bedeutend verschiedene Geschwindigkeiten zu seiner Fortpflanzung braucht, je nach der Mitte, in der diese Fortpflanzung geschieht. (Für eine andere Bewegungsart ist Ähnliches schon durch Stefan's Untersuchungen über die Fortpflanzung des Schalls durch Wachs- und Caoutschukstäbe erwiesen).

Dieses Ergebniss ist insofern von Wichtigkeit, als es einige Bedenken über die Identificirung der Nervenkräfte mit electrischen Kräften beseitigt, welche aus der relativ geringen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung entstanden sind.

Die übrigen Versuche hatten zum Zweck, die Einflüsse, welche diese Fortpflanzungsgeschwindigkeit modificiren können, zu eruiren. Von Versuchen dieser Art will ich hier nur auf eine Reihe aufmerksam machen, die sich mit dem Einfluss des Grosshirns auf diese Fortpflanzungsgeschwindigkeit beschäftigt.

Der Ideengang, welcher mich bei meinen Versuchen dieser Art leitete, war folgender. Seit Türk zur Messung der Reflexthätigkeit die Methode einführte, die Zeitdauer zu messen, welche vom Moment der Hautreizung bis zum Erscheinen der Reflexbewegungen vergeht, haben die meisten Physiologen stillschweigend diese Methode adoptirt, mit der Voraussetzung, dass diese Dauer der Stärke der Reflexthätigkeit entspricht.

Als die Thatsache constatirt wurde, dass durch Reizung gewisser Hirntheile (Setschenow) oder irgend eines Abschnitts des Centralnervensystems (Schiff) diese Zeitdauer bedeutend verlängert wird — hat man einfach aus dieser Thatsache geschlossen, dass solche Reizungen die Reflexthätigkeit als solche hemmen. In wiefern eine solcher Schluss zulässig, wurde, so viel mir bekannt, niemals discutirt, noch weniger dessen Zulässigkeit bewiesen. Und doch ist ein solcher Schluss sehr gewagt. Über eine Verstärkung, resp. auf eine Hemmung der Reflexe konnte folgerichtig nur auf doppelte Weise Auskunft erhalten werden: entweder wenn eine gleich starke Reflexbewegung durch eine schwächere, resp. stärkere Reizung hervorgebracht werden kann, oder wenn bei gleichbleibender Stärke der Hautreizung die Intensität der reflectorischen Muskelzuckungen zu-, resp.

abnimmt. Die Türk'sche Methode giebt aber nur über die Dauer Aufschluss, welche ein Reiz gebraucht, um von der Haut durchs Rückenmark zu den Muskeln zu gelangen, mit anderen Worten, diese Methode misst nur die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Reizes durch die peripheren und centralen Nervenstücke.

Die von mir benutzte Methode der direkten Messung dieser Fortpflanzungsgeschwindigkeit gestattete mir eine bestimmte Entscheidung über die Bedeutung dieser Türk'schen Methode, also auch der mittelst ihrer gewonnenen Resultate zu erlangen.

Der Plan der anzustellenden Versuche war direkt durch die Fragestellung selbst angezeigt: es musste untersucht werden, ob diejenigen Einflüsse, welche auf Grund der mit der Türk'schen Methode gewonnenen Resultate als fördernd oder hemmend auf die Reflexthätigkeit betrachtet werden, nicht im gleichen Sinne auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit wirken.

Ich führe hier als Beispiele ein Paar Versuche an, deren Ergebniss mit der Mehrzahl ähnlicher gleichlautend ist.

№ des Versuchs.	Fortpflanzungsgeschwindigkeit normal.	Schnitt durch die Sehhügel.	Reizung der Schnittfläche mit Kochsalz.	Entfernung zwischen den Reizstellen.	Bemerkungen.
I	0,016	0,008	0,015	10 Millim.	
II	0,006 [1]	0,019 [2] 0,002 [3] 0,004 [5]	0,013 [4]	6 Millim.	Frische Frösche.

Ich habe es vorgezogen, in diesen Versuchen einfach die Zeitdauer anzugeben, welche die Erregung bedurfte, um eine gewisse Rückenmarkstrecke zu durchlaufen. Die Strecke wurde gewöhnlich von der brachialen Anschwellung nach unten gewählt. Im zweiten Versuch ist die Zahl 2) sofort nach Ausführung des Schnitts, 3) einige Minuten darauf, 4) bei Reizung mit Kochsalz, 5) nachdem das Kochsalz entfernt wurde, erhalten.

Aus diesen und gleichlautenden Versuchen geht also deutlich hervor, dass Reizung gewisser Hirnpartien die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung im Rückenmarke zu verlangsamen, die Entfernung der Hemisphären dieselbe zu beschleunigen vermag. Der Einfluss dieser Entfernung ist natürlich so zu deuten, dass durch dieselbe die Erregung, welche von den Hemisphären zeitweilig ausgeht, beseitigt wird. Da ähnliche Erregungen nicht fortwährend, sondern nur momentanweise einwirken, so beobachtet man auch die Beschleunigung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit nach Abtragung der Hemisphären viel seltener als die Verminderung derselben bei Reizung der Sehhügel.

Mit anderen Worten, durch Erregungen der centralen Hirnpartien wird wahrscheinlich nicht die Reflexthätigkeit als solche gehemmt, sondern nur die Übertragungszeit der Erregung verlängert. Da man die auftretenden Erscheinungen zur Genüge aus dieser Verlängerung allein erklären kann, so fällt natürlich die Nothwendigkeit weg, ausserdem noch eine unerwiesene Verminderung der Reflexthätigkeit selbst anzunehmen.

Gegen die Berechtigung des eben gemachten Schlusses lässt sich folgender gewichtige Einwand machen. Da ich die Reizungen des Rückenmarkes in der Weise vorzunehmen pflege, dass die reizenden Electroden durch die Hinterstränge hindurch zu den Vordersträngen geleitet werden, so kann der Verdacht entstehen, ich habe es überhaupt nur mit von den Hintersträngen auf die Vorderstränge reflectirten Erregungen, nicht aber mit direkter Reizung der Vorderstränge selbst, zu thun gehabt. — Aber abgesehen davon, dass es noch durchaus fraglich ist, ob man berechtigt ist, solche von den Hintersträngen und der grauen Substanz aus hervorgerufene Zuckungen als reflectirte zu betrachten, giebt es einen direkten Beweis für die Unzulässigkeit des angeführten Einwandes. Zur Reizung des Rückenmarks verwendete ich einzelne heftige Schliessungschläge eines Inductionsapparates: bekanntlich aber ist die Dauer eines einzelnen Inductionsschlags zu gering, um Reflexwirkungen hervorrufen zu können.

Die erhaltenen Contractionen waren also wirklich durch Reizung der Vorderstränge veranlasst. Es ist auch nicht einzusehen, warum die durch die Vorderstränge hindurchgestochenen Electroden ausser Stande sein sollten, dieselben direkt zu erregen.

Man könnte diesen Einwand auch dadurch zu beseitigen suchen, dass man die hintere Partie des Rückenmarks abträgt und dann den Reiz direkt auf die Vorderstränge applicirt. Ich habe aber von einer ähnlichen Beweisführung abstehen müssen, da mir schon die ersten Versuche gezeigt haben, wie ein-

greifend eine solche Abtragung der Hinterstränge auf die Leitungsfähigkeit der Vorderen wirkt. Zur Veranschaulichung dieser eingreifenden Wirkung will ich hier nur ein Paar Versuche mittheilen:

№ des Versuchs.	Rückenmark intact und vom Gehirn getrennt.	Hinterstränge abgetragen.	Distanz zwischen den beiden Reizstellen.
III	0,004 Sec.	0,025 Sec.	5 Millimeter.
IV	0,005 Sec.	0,015 Sec.	5 Millimeter.

Wie man sieht, nimmt die Leitungsfähigkeit der Vorderstränge, (wahrscheinlich nur in Folge des operativen Eingriffs als solchen), bedeutend ab, wenn man die Hinterstränge entfernt.

Wenn ich aber auch davon Abstand nehmen musste, direkte Versuche an solchen Vordersträngen zu machen, so glaube ich schon diese Verminderung der Leitungsfähigkeit selbst als Beweis gegen den reflectorischen Ursprung der Contractionen gebrauchen zu können, welche in meinen Versuchen bei Reizung des intacten Rückenmarks erhalten wurden. — Wären nämlich diese Contractionen reflectorichen Ursprungs, so sollte man erwarten, dass der Reiz bei intactem Rückenmarke mehr Zeit gebrauchen wird, um eine gewisse Strecke des Rückenmarks zu durchlaufen, als wenn er direkt die Vorderstränge erregt. Die angeführten Versuche ergeben aber das Gegentheil.

Wenn die angeführten Versuche also darthun, dass dieselben Einflüsse, welche als fördernd oder

verzögernd auf die Reflexthätigkeit angesehen wurden, in ganz demselben Sinne auf die Leitungsfähigkeit wirken, so können die mit der Türk'schen Methode angestellten Versuche nicht als beweisend für die Existenz reflexhemmender Centra angesehen werden, da, wie schon oben hingewiesen wurde, mit der Türk'schen Methode hauptsächlich die Übertragungsdauer der Erregung gemessen wird. Damit soll nicht behauptet werden, dass solche reflexhemmenden Centra gar nicht existiren. Es ist jetzt nur klar, dass die bisher für die Existenz solcher Centra gelieferten Beweise kaum beweisend sind, da die zur Messung der Intensität der Reflexbewegungen benutzte Methode ganz andere Grössen misst. In der nächsten Mittheilung werde ich über Versuche berichten, welche solche direkte Messungen zum Zwecke hatten, dann werde ich auf diese Reflexcentra eingehender zurückkommen.

Ich will am Schlusse noch Versuche mittheilen, welche zum Zwecke hatten, die Zeitdauer zu bestimmen, die ein Reiz braucht, um von den hinteren Wurzeln zu den vorderen derselben Seite und Höhe zu gelangen.

Bei diesen Versuchen wurden zur Reizung Schliessungschläge eines constanten Stromes verwendet, welche von einer 4 bis 6 Grove'sche Elemente enthaltenden Batterie erzeugt wnrden. Als mittlere Zeitdauer ergab sich die Grösse von 0,002 bis 0,004 Secunden.

Diese Dauer, welche sich auf Querleitung des Reizes durchs Rückenmark bezieht, scheint durch

Gehirnabtragungen, resp. Reizungen gewisser Hirntheile in gewisser Weise beeinflusst zu werden.

Der Einfluss der Temperaturänderungen auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den Nerven und im Rückenmarke war der Gegenstand der folgenden auf dieselbe Weise ausgeführten Versuche. Über diese Letzteren soll nächstens berichtet werden.

(Aus dem Bulletin, T. XIX, pag. 394 — 400.)

Gedruckt auf Verfügung der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften.
Im Februar 1874. K. Wesselowski, beständiger Secretair.

Buchdruckerei der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften.
(Wass.-Ostr., 9. Linie, № 12.)